

## Original

## Cesión de plomo y otros metales desde las tuberías al agua de consumo en la Comunidad Autónoma del País Vasco

Itziar Zaldua Etxabe<sup>a,\*</sup>, Koldo Cambra Cotín<sup>b,c</sup>, Conchi Onaindia Olalde<sup>d</sup> y José Varela Alonso<sup>e</sup><sup>a</sup> Gobierno Vasco, Subdirección de Salud Pública de Guipúzcoa, Donostia-San Sebastián, España<sup>b</sup> Gobierno Vasco, Dirección de Salud Pública, Vitoria-Gasteiz, España<sup>c</sup> Centro de Investigación Biomédica Fundación Miguel Servet, Pamplona, España<sup>d</sup> Gobierno Vasco, Subdirección de Salud Pública de Vizcaya, Bilbao, España<sup>e</sup> Gobierno Vasco, Subdirección de Salud Pública de Álava, Vitoria-Gasteiz, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

## Historia del artículo:

Recibido el 10 de febrero de 2010

Aceptado el 2 de septiembre de 2010

On-line el 3 de noviembre de 2010

## Palabras clave:

Abastecimiento de agua

Contaminantes del agua

Metales pesados

Plomo

Hierro

Níquel

Cromo

Cobre

## RESUMEN

**Objetivos:** Valorar la exposición a plomo y otros metales relacionados con los materiales de las tuberías, a través del agua de consumo de las zonas de abastecimiento de la Comunidad Autónoma del País Vasco.**Métodos:** Muestreo aleatorio de viviendas en las zonas de abastecimiento. Se tomaron 3.295 muestras en 154 zonas que abastecían al 87% de las viviendas de los abastecimientos de nuestra comunidad. Se utilizó el método de muestreo conocido como *random day time*. En todas las muestras se determinó el plomo, y en las zonas de mayor población también el níquel, el cobre y el cromo. La determinación del hierro fue opcional.**Resultados:** El 1,75% (0,85–2,64) de las viviendas de las zonas de abastecimiento superaba el valor de referencia establecido para el plomo (10 µg/l), el 2,21% (0,97–3,46) el del hierro (200 µg/l) y el 0,33% (0,11–0,55) el del níquel (20 µg/l). Ninguna muestra superó los valores de referencia del cobre y el cromo (2 mg/l y 50 µg/l, respectivamente).**Conclusiones:** El problema de la cesión de metales desde las tuberías en las viviendas de la zonas estudiadas es residual. Las concentraciones de metales en el agua se encuentran, en la gran mayoría de las viviendas, por debajo de los valores de referencia, y no se considera necesario tomar medidas de carácter general. Los abastecedores deberán identificar la presencia de tuberías de plomo y su riesgo derivado en el programa de control y gestión de cada abastecimiento en particular, especialmente en aquellas zonas que no se han incluido o no han sido lo suficiente caracterizadas en este trabajo.

© 2010 SESPAS. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

## Release of lead and other metals from piping into drinking water in the Basque Country (Spain)

## ABSTRACT

## Keywords:

Water supply

Water pollutants

Heavy metals

Lead

Iron

Nickel

Chromium

Copper

**Objectives:** To evaluate exposure to lead and other metals from drinking water as a result of the materials used for pipes in the supply areas of the Basque Country (Spain).**Method:** Random sampling of properties in the supply areas was carried out. A total of 3,295 samples were taken in 154 areas, which together represented 87% of the properties supplied in our region. A method known as random day time sampling was used. Each sample was tested for lead, and samples from larger areas were also tested for nickel, copper and chromium. Testing for iron was optional.**Results:** A total of 1.75% (0.85–2.64) of the properties in the supply areas exceeded the reference value for lead (10 µg/L), 2.21% (0.97–3.46) exceeded that for iron (200 µg/L) and 0.33% (0.11–0.55) exceeded that for nickel (20 µg/L). None of the samples exceeded the reference values for copper and chromium (2 mg/L and 50 µg/L, respectively).**Conclusions:** The problem of metals release from piping in the properties of the areas studied in the Basque Country is residual. For most of the properties, metal levels in water are below reference values and general measures are not required. Suppliers must identify the presence of lead piping and the risk due to this type of piping as part of the control and management program for each individual supply area and, in particular, in those areas not included or not fully analyzed in this study.

© 2010 SESPAS. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

Debido a la reducción del uso de aditivos con plomo en las gasolinas y de las soldaduras con plomo en la industria alimentaria, las concentraciones de este elemento en el aire y

los alimentos están disminuyendo y la contribución relativa del agua de consumo en la ingesta total de plomo es mayor<sup>1,2</sup>.

El plomo es una sustancia tóxica que se acumula en los huesos. Es tóxico tanto para el sistema nervioso central como para el periférico, e induce efectos neurológicos y conductuales. Los lactantes, los niños hasta 6 años de edad y las embarazadas son las personas más vulnerables a sus efectos adversos<sup>1,2</sup>. Los datos históricos de análisis de aguas brutas, de salida de tratamiento y de red recogidos en EKUIS (Sistema de información de las aguas

\* Autora para correspondencia.

Correo electrónico: mambien1-san@ej-gv.es (I. Zaldua Etxabe).

de consumo del País Vasco) indican que en el País Vasco el plomo que se encuentra en el agua de los grifos no procede de la disolución de fuentes naturales sino principalmente de instalaciones de fontanería doméstica que contienen plomo en las tuberías, las soldaduras, los accesorios o las conexiones de servicio a las viviendas.

La cesión de plomo depende principalmente de la presencia de cloro y de oxígeno, del pH, la temperatura, la dureza del agua y el tiempo de contacto. La concentración de plomo en el agua puede reducirse con medidas de control de la corrosión y ajustando el pH del agua. Algunos países con importantes problemas de cesión de plomo, como Reino Unido, han optado por la dosificación de ortofosfatos a sus aguas de consumo. Por otro lado, ciudades como Bruselas o La Haya han optado por la sustitución masiva de las tuberías de plomo<sup>2,3</sup>.

El Real Decreto 140/2003 que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo establece como valor paramétrico (a partir de 2014) una concentración de 10 µg/l de plomo, que coincide con el valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud<sup>1,4</sup>.

Según las asociaciones profesionales de fontanería, hasta 1950 fue habitual en el País Vasco utilizar tuberías de plomo desde la acometida de la red hasta el grifo del consumidor. Entre 1950 y 1970–1975 únicamente se empleó plomo en el ramalillo final, utilizando para el resto de las conducciones hierro dulce. A partir de 1975 se desechó la utilización del plomo debido a su mayor valor de mercado frente a otros materiales.

En el estudio de los Niveles de Plomo en el Agua de Consumo de las Viviendas de la Comarca del Gran Bilbao (mayo 1995) se afirmaba que el 16% de las viviendas construidas antes de 1950 recibían a primera hora de la mañana agua con concentraciones de plomo superiores a 10 µg/l. En el caso de las viviendas construidas entre 1951 y 1975, sólo el 1% recibían agua de primera extracción con valores superiores a 10 µg/l<sup>5</sup>.

Con posterioridad (1997), el Departamento de Sanidad investigó las concentraciones de plomo procedentes de las tuberías en las viviendas construidas antes de 1950 en el País Vasco, utilizando para ello muestras de agua de primera extracción de la mañana. Se estimó que el parque de viviendas de riesgo en el País Vasco era del 14,97% de éstas, es decir, aproximadamente 18.000 viviendas<sup>6</sup>.

El hierro, el cobre, el cromo y el níquel son metales que también pueden ceder las instalaciones de fontanería. El hierro es un elemento esencial que produce problemas de aceptación (color y sabor) a concentraciones muy inferiores a las tóxicas<sup>7</sup>. El cobre, nutriente esencial y contaminante al mismo tiempo, a concentraciones muy altas puede producir efectos gastrointestinales, pero también produce problemas de aceptación (mancha la ropa) a concentraciones inferiores al valor paramétrico<sup>8</sup>. Aunque se sabe que el cromo vi es una sustancia cancerígena, no hay datos toxicológicos fiables para su ingestión por los humanos<sup>9</sup>. En el caso de la exposición al níquel, la dermatitis alérgica de contacto es el efecto más frecuente en la población general<sup>10</sup>.

En España no se han publicado hasta la fecha estudios sobre la importancia que puede tener la cesión de metales desde los materiales de fontanería en la exposición a éstos a través del agua de consumo. El objetivo del presente estudio ha sido valorar la exposición al plomo y a otros metales relacionada con los materiales de las tuberías en el agua de consumo de las zonas de abastecimiento del País Vasco. Para ello se analizó la concentración de plomo en muestras de agua de viviendas, con independencia de su año de construcción. En las zonas de abastecimiento mayores, adicionalmente, se analizó el hierro, el cobre, el cromo y el níquel, relacionados también con la cesión desde de las instalaciones de fontanería.

## Métodos

Se diseñó un estudio observacional descriptivo que permitiera estimar la frecuencia con que se superaban los valores de referencia de los metales en estudio en el agua de consumo de las viviendas del País Vasco. Se realizó un muestreo aleatorio de viviendas en cada una de las zonas de abastecimiento mayores de 50 habitantes, tomando una muestra por vivienda seleccionada.

### Selección de viviendas para el estudio

La selección se realizó mediante un muestreo aleatorio de viviendas en cada una de las zonas de abastecimiento. Inicialmente se incluyeron en el diseño del estudio todas las zonas mayores de 50 habitantes: 88 en Álava, 141 en Vizcaya y 53 en Guipúzcoa. Para calcular el tamaño de muestra en cada zona de abastecimiento se utilizaron las proporciones esperadas procedentes de estudios previos realizados por el Departamento de Sanidad<sup>5,6,11</sup>.

El número de viviendas existentes en cada zona de abastecimiento se estimó aplicando a los habitantes del abastecimiento el factor vivienda/habitante calculado por provincia (censo de población y vivienda de 2001): 0,4271 para Álava, 0,4135 para Vizcaya y 0,4324 para Guipúzcoa. El número de habitantes de cada zona de abastecimiento se consultó en el sistema de información de las aguas de consumo del País Vasco.

Una vez definido el número de muestras de agua a tomar en cada zona de abastecimiento se solicitaron al Instituto Vasco de Estadística (EUSTAT) listados aleatorios de domicilios de cada una de ellas. Para obtener los listados, el EUSTAT utilizó el directorio de viviendas de 2003, el registro de población y el callejero de 2004. A cada vivienda titular se le asignaron dos viviendas suplentes por criterios de proximidad. Durante el tiempo transcurrido desde el diseño de la muestra hasta la realización de los muestreos desaparecieron pequeñas zonas de abastecimiento que se integraron en otras mayores. Se excluyeron del estudio las zonas que no tenían nombrada Unidad de Control y Vigilancia, que son las entidades acreditadas por el Departamento de Sanidad para el control y la gestión de los abastecimientos en el País Vasco<sup>12</sup>. También se excluyeron aquellas zonas cuyas unidades de control y vigilancia no quisieron participar por la importante carga analítica que suponía el estudio. Se trataba de 128 pequeñas zonas de abastecimiento que abastecían a un total de 143.528 viviendas, aproximadamente el 13% de los 2.130.000 habitantes del País Vasco.

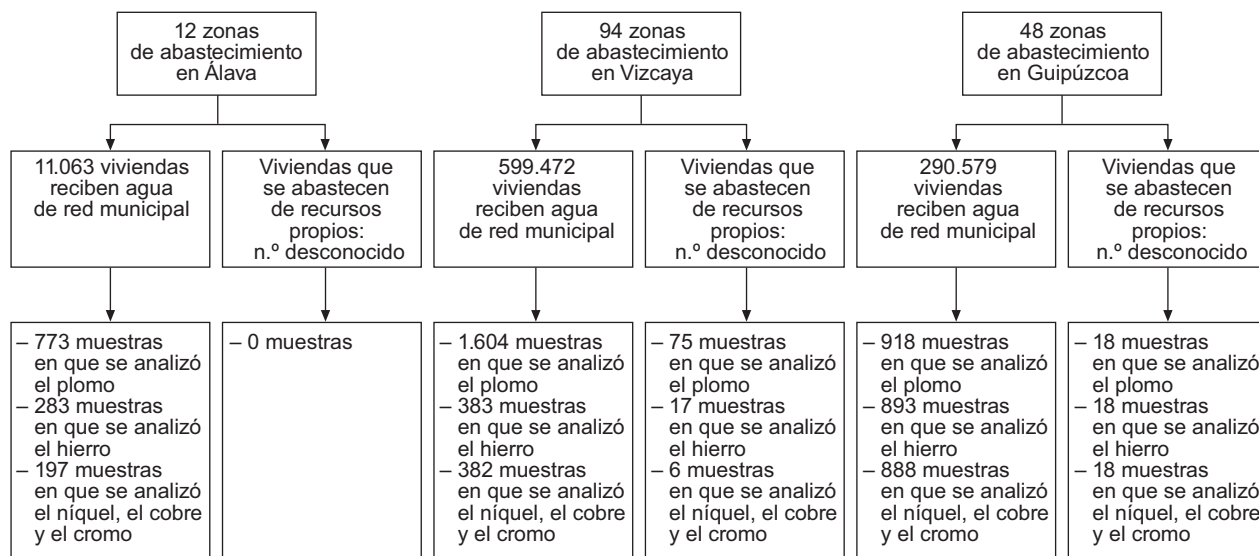
Como consecuencia de todo ello, el número de zonas de abastecimiento que finalmente se muestrearon en el estudio fue de 154 (12 en Álava, 94 en Vizcaya y 48 en Guipúzcoa), menor que el del diseño inicial que incluía 282 zonas de abastecimiento. Aquellas en que finalmente se muestreó el plomo incluían el 87% de las viviendas abastecidas por las zonas de abastecimiento del País Vasco y el 82% para el resto de los metales (fig. 1).

### Recogida de las muestras

El método de muestreo utilizado fue el conocido como *random day time*<sup>13</sup>, que consiste en la toma de las muestras en cualquier momento del día y sin dejar correr el agua.

Los muestreos y los análisis los realizaron las unidades de control y vigilancia, entre junio de 2006 y junio de 2008, según los listados de viviendas. Las muestras se tomaron del grifo de agua fría de las cocinas.

Noventa y tres de las viviendas seleccionadas para el muestreo (75 en Vizcaya y 18 en Guipúzcoa), que supuestamente recibían agua de la red municipal, resultaron abastecerse de recursos



**Figura 1.** Proceso de muestreo: número de zonas de abastecimiento incluidas, viviendas y muestras tomadas. País Vasco, 2006–2008.

propios y no pertenecían a la zona de abastecimiento que se les había asignado. Se trataba de viviendas que pese estar incluidas en el casco urbano o próximas a él no utilizaban agua de la red municipal.

#### Parámetros a analizar

En todas las muestras se debía analizar el plomo, la turbidez, el pH y la conductividad. En las muestras de las 15 zonas de abastecimiento que abastecían a más de 25.000 habitantes también se determinaron el níquel, el cobre y el cromo. La determinación del hierro era opcional si se consideraba que podía estar relacionado con los materiales de las zonas de abastecimiento. Algunas unidades de control y vigilancia decidieron ampliar la investigación a metales distintos al plomo en zonas con menor número de habitantes, por lo que éstos se analizaron finalmente en muestras de agua correspondientes a 95 zonas de abastecimiento.

#### Métodos de análisis

Los 14 laboratorios participantes estaban incluidos en la red de vigilancia de las aguas del País Vasco<sup>12</sup> y utilizaron métodos de análisis por *inductively coupled plasma (ICP) mass spectrometry (ms)* o por absorción atómica con cámara de grafito<sup>14,15</sup>. Los métodos estaban acreditados o externamente contrastados, y los límites de cuantificación para la determinación de cada uno de los metales variaban entre laboratorios. Las diferencias más importantes se dieron en la determinación del plomo, con límites de cuantificación entre 0,1 y 10 µg/l.

#### Análisis de resultados

Para cada provincia se calculó el porcentaje de muestras que superaban los valores paramétricos de cada metal (hierro: 200 µg/l; níquel: 20 µg/l; cobre: 2 mg/l; cromo: 50 µg/l). Para el plomo se utilizó como valor paramétrico 10 µg/l (de obligado cumplimiento a partir de enero de 2014) y no el vigente de manera transitoria hasta esa fecha (25 µg/l)<sup>4</sup>. El porcentaje de superación para cada provincia se calculó ponderando los resultados de cada zona de abastecimiento por su peso en el total de viviendas de la provincia. Se estimaron también los porcentajes de viviendas con

concentraciones por encima de los valores paramétricos de cada metal para todo el País Vasco, ponderando los resultados de cada provincia por su porcentaje de viviendas en la comunidad autónoma, según el censo de población y vivienda de 2001: Álava el 13,93% de las viviendas del País Vasco, Vizcaya el 52,88% y Guipúzcoa el 33,18%.

El análisis estadístico se realizó con el programa R. Como la muestra representativa de la población era suficientemente grande, se consideró que las medias ponderadas se aproximaban a una distribución normal (prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov), y por tanto los intervalos obtenidos se calcularon como tal.

#### Resultados

Se tomaron 3.388 muestras. En las viviendas que reciben agua de la red municipal se determinó el plomo en 3.295 muestras, y de ellas el hierro en 1.559, el cobre y el cromo en 1.467 y el níquel en 1.465 (fig. 1). De las muestras incluidas en el estudio, ninguna superó los valores de referencia para el cobre y el cromo. En Vizcaya tampoco se superó el valor paramétrico de níquel en ninguna de las muestras estudiadas (tabla 1).

Se superó el valor de referencia de 10 µg/l de plomo en el agua de consumo en el 1,83% de las viviendas de Álava, el 2,18% de las de Vizcaya y el 1,02% de las de Guipúzcoa (tabla 2). De manera global, en el País Vasco, se superaba el valor paramétrico de plomo en el 1,75% de las viviendas, el de hierro en el 2,21% y el de níquel en el 0,33%. Las diferencias en los porcentajes de superación en cada una de las tres provincias no fueron significativas según el estadístico *t* de Student.

Se calcularon la mediana, el percentil 25, el percentil 75 y el valor máximo para las concentraciones de metales en las muestras que superaban los valores de referencia. El valor máximo para el plomo fue de 390 µg/l, con un percentil 75 de 23 µg/l (tabla 3). De las 47 muestras que superaban el valor de referencia para el plomo, 10 (0,3%) superaban el valor paramétrico vigente hasta diciembre de 2013.

En las 93 viviendas que no utilizaban agua de la red municipal y se abastecían de recursos propios se superaba el valor de referencia para el plomo en el 3,23% de ellas, el del hierro en el 8,58% y el del níquel en el 4,17% (tabla 4).

**Tabla 1**

Número de muestras de agua de la red municipal que superan el valor paramétrico establecido para cada metal en las zonas de abastecimiento estudiadas. País Vasco, 2006–2008

Territorio	Muestras plomo > 10 µg/l/total muestras plomo	Muestras hierro > 200 µg/l/total muestras hierro	Muestras cobre > 2 mg/l/total muestras cobre	Muestras cromo > 50 µg/l/total muestras cromo	Muestras níquel > 20 µg/l/total muestras níquel
Álava	4/773	3/283	0/197	0/197	3/197
Guipúzcoa	7/918	19/893	0/888	0/888	13/886
Vizcaya	36/1.604	12/383	0/382	0/382	0/382
País Vasco	47/3.295	34/1.559	0/1.467	0/1.467	16/1.465

**Tabla 2**

Porcentaje (ponderado por el total de viviendas según provincia) de viviendas que reciben agua de la red municipal y superan el valor paramétrico establecido para cada metal en las zonas de abastecimiento estudiadas. País Vasco, 2006–2008

Territorio	Viviendas con plomo > 10 µg/l % (IC95%)	Viviendas con hierro > 200 µg/l % (IC95%)	Viviendas con níquel > 20 µg/l % (IC95%)
Álava	1,83 (0,06–3,61)	0,95 (0–2,22)	0,95 (0–2,22)
Guipúzcoa	1,02 (0–2,57)	4,49 (1,39–7,58)	0,59 (0,18–1,00)
Vizcaya	2,18 (0,88–3,47)	1,12 (0–2,41)	–
País Vasco	1,75 (0,85–2,64)	2,21 (0,97–3,46)	0,33 (0,11–0,55)

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 3**

Concentraciones de metales en las muestras de agua de la red municipal que superan el valor paramétrico establecido en las zonas de abastecimiento estudiadas. País Vasco, 2006–2008

Territorio	Plomo > 10 µg/l					Hierro > 200 µg/l					Níquel > 20 µg/l				
	N	Med µg/l	P25 µg/l	P75 µg/l	Max µg/l	N	Med µg/l	P25 µg/l	P75 µg/l	Max µg/l	N	Med µg/l	P25 µg/l	P75 µg/l	Max µg/l
Álava	4	20,1	12,8	27,8	31,4	3	266,6	237,4	1.080,3	1.894	3	45,3	36,9	52,9	60,5
Guipúzcoa	7	24,8	13,3	52,2	229,7	19	596	349,6	1.189	18.089	13	111,8	44,9	131,8	259,6
Vizcaya	36	15,1	13	21,2	390,0	12	344,5	306,5	438	1.071	0	–	–	–	–
País Vasco	47	15,1	13	23,0	390,0	34	433,6	315,0	744	18.089	16	58,4	43,6	124	259,6

Max: máximo; Med: mediana; N: número de muestras que superan el valor de referencia para cada metal; P75: percentil 75; P25: percentil 25.

**Tabla 4**

Número y porcentaje de muestras de agua de viviendas con recursos propios que superan el valor paramétrico de cada uno de los metales. País Vasco (Vizcaya y Guipúzcoa), 2006–2008

	Plomo	Hierro	Cobre	Cromo	Níquel
Muestras > valor paramétrico <sup>a</sup> /total muestras	3/93	3/35	0/24	0/24	1/24
Porcentaje (IC95%)	3,23 (0,67–9,14)	8,57 (1,80–23,06)	–	–	4,17 (0,11–21,12)

IC95%: intervalo de confianza del 95%.

<sup>a</sup> Valores paramétricos: plomo=10 µg/l, hierro=200 µg/l, cobre=2 µg/l, cromo=50 µg/l, níquel=20 µg/l.

## Discusión

Según los resultados del estudio, el problema de la cesión de metales desde las tuberías en las viviendas de las zonas de abastecimiento estudiadas en el País Vasco es residual, ya que las concentraciones de los metales estudiados se encuentran, en la gran mayoría de las muestras, por debajo del valor de referencia.

Desde el punto de vista de la salud pública tiene gran interés conocer la ingesta de metales con el agua de consumo. En el País Vasco, debido a las características naturales de las aguas, la presencia de metales suele deberse a su cesión desde las tuberías. Según el RD 140/2003, los parámetros a vigilar en el grifo del consumidor cuando se sospeche su presencia en las instalaciones interiores son los de plomo, níquel, cobre, hierro y cromo. Analizar repetidamente estos metales en los grifos establecidos como

puntos de muestreo habituales generaría información redundante, por lo que se consideró que la evaluación del problema de la cesión de metales desde las instalaciones domésticas requería muestreos representativos de las viviendas.

Los elementos de fontanería previos a un punto de consumo de agua, dependiendo de las obras de mejora realizadas en los edificios antiguos, pueden ser distintos de los de otro punto de consumo dentro del mismo edificio e incluso de la misma vivienda. La concentración de plomo procedente de estos elementos en el agua varía entre viviendas de una misma zona de abastecimiento y también según el momento del muestreo, dependiendo del tiempo de contacto del agua con los materiales<sup>13</sup>. La toma de muestras de agua en un número suficiente de domicilios elegidos aleatoriamente dentro de una zona de abastecimiento nos permite conocer y valorar la variabilidad entre



viviendas. Asimismo, muestreos en puntos de red previos a los grifos de consumidor o en grifos tras dejar correr el agua subestiman las concentraciones de plomo en el agua que se consume. Por contra, la utilización de muestras de agua de primera extracción de la mañana puede sobrestimarlas. El método de muestreo *random day time*, con el cual la toma de muestras se realiza en cualquier momento del día y sin dejar correr el agua, en comparación con otros métodos ha demostrado ser bueno para determinar el cumplimiento de los valores establecidos por la normativa<sup>3,13,16</sup>. Con este método, la retención del agua en el sistema de distribución doméstico influye de manera aleatoria en la concentración de plomo<sup>17</sup>.

El hecho de que en estudios previos en el País Vasco se realizaran muestreos de agua de primera extracción en viviendas antiguas explica que los porcentajes de superación de los valores de referencia fueran superiores a los hallados en el presente estudio. Si comparamos el porcentaje de viviendas que superan los 10 µg/l de plomo en nuestra comunidad (1,75%) con el de otros lugares que han utilizado el mismo método de muestreo (RDT), es similar al de Italia (2%), Holanda (2,4%), Inglaterra-Gales (1,7%) o Frankfurt/Main (1,4%), y menor que en La Haya (23%), Viena (19%) o Baja Sajonia (10%) y Baviera (4,3%)<sup>3,18,19</sup>. En el caso del níquel, el porcentaje (0,33%) es inferior al de Italia (4,5%), Holanda (0,8%), Baja Sajonia (2,8%), Baviera (3,1%) y Frankfurt/Main (5,8%)<sup>18</sup>. No se han publicado estudios que permitan conocer la presencia de plomo en el agua de consumo en otras regiones de España. Un trabajo publicado en 1998 indicaba que el 28% de las muestras de agua (no solamente de consumo humano) de la provincia de Salamanca superaba los valores considerados tóxicos, si bien en este caso los autores concluían que estos valores probablemente estaban condicionados por las características geológicas del terreno de Salamanca<sup>20</sup>.

Los resultados de nuestro estudio permiten estimar la prevalencia de viviendas que superan los valores de referencia utilizados de acuerdo con el objetivo planteado. Sin embargo, el estudio cuenta con ciertas limitaciones, como el hecho de que no permite calcular la exposición media de la población a estos metales a través del agua debido a los dispares límites de cuantificación (0,1 a 10 µg/l para el plomo) empleados por los laboratorios participantes. Asimismo, por la dificultad que implicaba, no se pudieron tomar muestras en la totalidad de las zonas de abastecimiento de más de 50 habitantes de la comunidad. Las 128 que no se muestrearon eran pequeñas zonas que abastecían a 143.528 viviendas, aproximadamente el 13% del total de la población del País Vasco. Por ello, sería conveniente valorar la presencia de metales en el agua de las viviendas de estos pequeños abastecimientos. Finalmente, en relación a los resultados obtenidos en las viviendas con recursos propios, cabe mencionar que la valoración de la presencia de metales en ellas no era objetivo de este estudio. Los resultados obtenidos corresponden a viviendas dentro de los núcleos de población abastecidos por estas redes o próximos a ellos, por lo que no son representativas de las viviendas con recursos propios del País Vasco (fundamentalmente caseríos dispersos alejados de los núcleos urbanos).

Este estudio ha permitido disponer de datos de cesión de metales de un número importante de viviendas del País Vasco (3.388 viviendas), en las cuales las concentraciones de los metales estudiados en el agua de las zonas de abastecimiento se encuentran, en la gran mayoría de los casos, por debajo del valor de referencia. Por ello, no se considera necesario tomar medidas de carácter general, como la modificación de las propiedades del agua, si bien debe continuarse con la actual estrategia de actuación del Departamento de Sanidad y Consumo: información general sobre el problema y asesoramiento. Para este fin se entrega a los residentes en las viviendas con sospecha de tuberías

de plomo el folleto *Plomo en el agua de consumo*, editado por el Departamento de Sanidad del Gobierno Vasco, en el cual además de recomendaciones generales se indican los lugares a donde acudir en caso de desear asesoramiento personal.

Finalmente, en cuanto a la vigilancia, en las zonas de abastecimiento del País Vasco suficientemente caracterizadas en este estudio no será necesario incluir metales en los análisis de tipo grifo en los puntos de muestreo habituales en los próximos años, aunque sí en los de tipo completo. En aquellas zonas que no se han incluido o no han sido bien caracterizadas en el presente trabajo, las unidades de control y vigilancia deberán valorar la presencia de tuberías de plomo y el riesgo derivado en el programa de control y gestión<sup>21</sup> de cada abastecimiento en particular.

### Contribuciones de autoría

Todos los autores participaron en la concepción y el diseño del estudio, así como en el análisis y la interpretación de los datos. I. Zaldúa redactó el artículo y todos los autores revisaron los borradores y la versión final, realizando importantes contribuciones.

### Financiación

Ninguna.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- WHO. Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda. World Health Organization. 2006. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html).
- WHO. Lead in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water. World Health Organization. 2003. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/lead.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.pdf).
- Heyes CR, Skubala ND. Is there still a problem with lead in drinking water in European Union? J Water Health. 2009;7:569-80.
- Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Boletín Oficial del Estado, número 45, de 21-2-03. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>.
- Cirarda FB. Lead in drinking water in the Greater Bilbao Area (Basque Country, Spain). Food Addit Conta. 1998;15:575-9.
- Cambra K, Azpiroz L, Onaindia C, et al. Plomo en agua de consumo en viviendas de la CAPV construidas antes de 1950. Resumen de resultados. 2002. [consultado 25/9/2009]. Disponible en: [http://www.osanet.euskadi.net/r85-20416/es/contenidos/informacion/sanidad\\_ambiental/es\\_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/PlomoAguaConsumo\\_c.pdf](http://www.osanet.euskadi.net/r85-20416/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/PlomoAguaConsumo_c.pdf).
- WHO. Iron in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water. World Health Organization. 2003. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/iron.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/iron.pdf).
- WHO. Copper in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water. World Health Organization. 2004. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/copper.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/copper.pdf).
- WHO. Chromium in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water. World Health Organization. 2003. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/chromium.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/chromium.pdf).
- WHO. Nickel in drinking-water. Background document for the development of WHO guidelines for drinking-water. World Health Organization. 2005. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/gdwqrevision/nickel2005.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/gdwqrevision/nickel2005.pdf).
- Cambra K, Alonso E. Blood lead levels in 2-to-3-year old children in the Greater Bilbao Area (Basque Country, Spain). Relation to dust and water lead levels. Arch Environ Health. 1995;50:362-3.

12. Decreto 178/2002, de 16 de julio, por el que se regula el sistema de control, vigilancia e información de la calidad de las aguas de consumo público. Boletín Oficial del País Vasco, número 137, de 19-7-02. Disponible en: [http://www.osanet.euskadi.net/r8520416/es/contenidos/informacion/sanidad\\_ambiental/es\\_1249/adjuntos/agua-legislacion/decreto%20autonomico2002.pdf](http://www.osanet.euskadi.net/r8520416/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/adjuntos/agua-legislacion/decreto%20autonomico2002.pdf).
13. Van de Hoven TJJ, Buijs PJ, Jackson PJ, et al. Developing a new protocol for the monitoring of lead in drinking water. EUR 19087. Brussels: European Commission; 1999.
14. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21<sup>th</sup> ed. Washington DC: APHA AWWA, WEF; 2005.
15. Beaty RD. Concepts, instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry. Perkin Elmer; 1988.
16. Hayes CR. Computational modelling to investigate the sampling of lead in drinking water. Water Res. 2009;43:2647–56.
17. Hoekstra CR, Hayes R, Aertgeerts A, et al. Guidance on sampling and monitoring for lead in drinking water. Louxembourg: European commission. Joint Research Centre; 2009. Scientific and technical reports: EUR 23812 EN-2009. Disponible en: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/5643/1/jrc51562.pdf>.
18. COST Action 637. Report on 1st International Conference, Antalya, 24-26 October, 2007. [consultado 25/9/2009]. Disponible en: [http://www.meteau.org/conferenc/29\\_04\\_08\\_Research\\_Seminar\\_Antalya\\_Conference\\_schoenerklee.pdf](http://www.meteau.org/conferenc/29_04_08_Research_Seminar_Antalya_Conference_schoenerklee.pdf).
19. Haider T, Haider M, Wruss W, et al. Lead in drinking water of Viena in comparison to other European countries and accordance with recent guidelines. Int J Hyg Environ Health. 2002;205:399–403.
20. Blanco AL, Alonso D, Jiménez de Blas O. Estudio de los niveles de plomo, cadmio, cinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. Rev Esp Salud Publica. 1998;72:53–65.
21. Gobierno Vasco. Guía para la elaboración de los programas de control y gestión de los abastecimientos de agua de consumo de la CAPV. Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz: 2008. Disponible en: [http://www.osanet.euskadi.net/r85-20416/es/contenidos/informacion/sanidad\\_ambiental/es\\_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/guia.pdf](http://www.osanet.euskadi.net/r85-20416/es/contenidos/informacion/sanidad_ambiental/es_1249/adjuntos/agua%20-%20documentos%20tecnicos/guia.pdf).